

ГРУНТОЗНАВСТВО І ГЕОГРАФІЯ ҐРУНТІВ

УДК 631.483/631.484(210.7)(262.5)(477.74)

Я. М. Біланчин, канд. геогр. наук, доц.
Одеський національний університет ім. І. І. Мечникова,
кафедра ґрунтознавства і географії ґрунтів,
вул. Дворянська, 2, Одеса-82, 65082, Україна

БІОГЕОХІМІЯ ҐРУНТОУТВОРЕННЯ В УМОВАХ ОСТРОВА ЗМІЙНИЙ

У світлі наукових ідей та вчень академіків В. І. Вернадського та В. А. Ковди викладені теоретико-методологічні основи біогеохімії ґрунтоутворення з акцентом на умови під покривом степової трав'яної рослинності та на виходах щільних порід. Аналізується специфіка біогеохімії ґрунтоутворення в умовах о. Зміїний.

Ключові слова: острів Зміїний, біогеохімія, вивітрювання, ґрунтоутворення, міграція речовин і хімічних елементів.

Вступ

Основи науки «біогеохімія» розробив академік В. І. Вернадський у 20-х роках минулого століття у контексті вчення про біосферу Землі [5]. Він характеризував біосферу як складну багатокomпонентну систему пов'язаних між собою біотичних комплексів та геологічних і фізико-хімічних процесів, що відбуваються на Землі, аргументував виключну роль живої речовини у процесах, що відбуваються у верхніх шарах земної поверхні (вивітрювання, ґрунтоутворення, формування складу атмосфери і гідросфери тощо).

У 1985 р. опублікована монографія академіка В. А. Ковди [8], в якій знайшли подальший розвиток ідеї В. І. Вернадського в області біогеохімії ґрунтоутворення. Як констатує В. А. Ковда, в результаті вертикальної і латеральної міграції та перерозподілу продуктів вивітрювання і ґрунтоутворення на поверхні земної суші формуються ґрунтово-геохімічні ландшафти, які різняться між собою за елементами водного режиму, фітоценотичними характеристиками, обміном продуктами біогенези, вивітрювання і ґрунтоутворення, а відповідно й відмінностями ґрунтово-рослинного покриву і біогеохімічних процесів.

Чинники й процеси утворення ґрунтів і ґрунтового покриву о.Зміїний, їх речовинно-хімічний склад і властивості до початку поточного століття залишались практично не вивченими. Починаючи з 2003 р., за ініціативи та участі автора були започатковані ґрунтово-генетичні дослідження на

острові, складеному давніми (*палеозойськими*) силікатними (*кислими*) породами значної міцності. Щільні скельні породи та грубоуламкові їх розсипи тут повсюдно виходять на денну поверхню, займаючи від 10–20 до 30–50 % площі, а часто і більше. Природні ландшафти в межах острова близькі до південностепових [14], ґрунтово-рослинний покрив фрагментарний — лише на ділянках між виходами на поверхню скельних порід та їх грубих уламків [2].

Актуальність нашої роботи в тому, що у світлі наукових ідей та вчень В. І. Вернадського і В. А. Ковди та з використанням власних матеріалів ландшафтно-геохімічних і ґрунтово-генетичних досліджень попередніх років автором вперше робиться спроба визначити сутність і специфіку біогеохімії ґрунтоутворення в умовах о. Зміїний. *Мета і завдання роботи* — встановити біогеохімічну сутність процесів вивітрювання і ґрунтоутворення в умовах острова, що визначають специфіку й закономірності процесів формування ґрунтів, їх речовинно-хімічного складу і властивостей. *Теоретичне і практичне значення* роботи полягає у встановленні просторових генетико-геохімічних відмінностей ґрунтів і ґрунтового покриву в умовах острова, необхідних в першу чергу для практики дослідження і картографування ґрунтів. При виконанні роботи використані традиційні методи ландшафтно- і ґрунтово-геохімічних досліджень, польового і лабораторно-аналітичного вивчення ґрунтів та їх біопродуктивності.

Теоретико–методологічні основи біогеохімії ґрунтоутворення

З виникненням життя на Землі 3.5–3.7 млрд років тому сформувалась біосфера — «сфера життя», з'явився малий біологічний кругообіг речовин і хімічних елементів, а всі процеси на земній поверхні протікають при безпосередній участі живої речовини [5, 7, 8, 13]. За цих умов великий геологічний і малий біологічний кругообіги речовин відбуваються одночасно і сумарно складають «біогеохімічний цикл» у біосфері [13, с.164].

З появою живих організмів започатковується і процес ґрунтоутворення, сутністю якого власне є малий біологічний кругообіг речовин і хімічних елементів на земній суші. Рушійна сила процесу ґрунтоутворення — взаємодія малого біологічного і великого геологічного кругообігу речовин та потоків сонячної енергії в межах верхньої зони кори вивітрювання гірських порід. У результаті цієї взаємодії й утворюється ґрунт — безпосередній результат багатовікової взаємодії між породами, водою, повітрям, з одного боку, організмами та продуктами їх життєдіяльності (живою речовиною за В. І. Вернадським), віком країни в певних умовах рельєфу, з другого. По суті, з появою живих організмів на земній поверхні виникає комплекс явищ і процесів біогеохімії ґрунтоутворення — міграції, трансформації й акумуляції хімічних сполук і елементів (продуктів вивітрювання і ґрунтоутворення) в межах ґрунтового профілю і підстилаючої товщі порід підґрунтя при визначальній ролі біотичного фактору.

Загальновідомо [5, 7, 8, 13], що продукти вивітрювання і ґрунтоутворення рідко залишаються на місці утворення (*in situ*) і переміщуються

на більшу чи меншу відстань. Міграція речовин і хімічних елементів на земній поверхні відбувається в міграційних потоках, які формуються під впливом [за 13]: сили тяжіння (гравітаційний потік), руху води (водний потік), руху повітряних мас (еоловий потік), життєдіяльності організмів і переміщення їх по території (біогенний потік), господарської діяльності людини (техногенний потік). У природі домінує водний та атмосферний перенос речовин і хімічних елементів — обломкового матеріалу, розчинених і газоподібних продуктів вивітрювання і ґрунтоутворення, суспензій, колоїдних, молекулярних та іонних розчинів, аерозолів, летких сполук і газів мінерального, біогеохімічного і техногенного походження, як правило, від підвищених (вододільних) ділянок поверхні до гіпсометрично нижчих. Знижені елементи рельєфу стають територіями активного нагромадження і позитивного біогеохімічного балансу механічних і воднорозчинних продуктів вивітрювання і ґрунтоутворення, які надходять сюди з гіпсометрично вищих рівнів поверхні.

У переміщенні (міграції) мобільних продуктів вивітрювання і ґрунтоутворення на земній поверхні суттєва роль належить ґрунтово-підґрунтовим водам. Зазвичай ці води створюють повільний потік у напрямку загального ухилу місцевості до понижень і депресій рельєфу, поверхня потоку в загальних рисах повторює рельєф поверхні території [8]. Навіть за умови повільності руху ці води є могутнім фактором локального і загального перерозподілу продуктів вивітрювання і ґрунтоутворення. І чим вища дренаваність території й інтенсивніше виражена циркуляція вод, тим інтенсивніше винесення легкорозчинних продуктів міграції у пониження рельєфу та водойми. З віддаленням підґрунтових вод від джерел живлення поступово зростає їх мінералізація, оскільки рухаючись по загальному ухилу місцевості, вони розчиняють все нові порції солей, що містяться у водовмісних горизонтах та витрачаються на випаровування, транспірацію, гідратацію. З підвищенням концентрації розчинених речовин і насиченням ними розчину подальший рух підґрунтових вод супроводжується випаданням у товщу ґрунту — підґрунтя менш розчинних сполук та збільшенням у воді високорозчинних компонентів. Відбувається певна просторова диференціація компонентів водної міграції, а відповідно й утворюються послідовні у просторі смуги (пояси) перерозподілу й акумуляції продуктів вивітрювання і ґрунтоутворення.

Слід зауважити, що газоподібні і леткі сполуки та елементи у своїй міграції в значній мірі відхиляються від шляхів водних потоків завислих і розчинених речовин у ландшафтах. Висхідні потоки повітряних мас виносять тонкий пил, аерозолі і гази далеко від океанів, морів та депресій рельєфу на вододіли і схили. Однак після випадання на поверхню суші атмосферні сухі відкладення разом із вологою атмосферних опадів включаються у наземні та підґрунтові біогеохімічні цикли міграції речовин від вододільних рівнів території до депресій рельєфу, лише локально ускладнюючи їх [8].

У ґрунтово-підґрунтові та поверхневі води постійно надходять також продукти розкладання органічних речовин, гумусові кислоти, вуглекис-

лий газ та інші сполуки. При цьому води збагачуються трансформованою сонячною енергією, поглинутою при фотосинтезі. В результаті водна міграція речовин і хімічних елементів поєднує воедино ґрунти і кору вивітрювання, ландшафти вододільних і привододільних місцевостей, схилів та їх підніж, понижень і депресій рельєфу. В межах водозбірного басейну формується геохімічно єдина ландшафтна динамічна система, яку Б. Б. Полин [16] назвав «геохімічним ландшафтом» (ландшафтно-геохімічна система — ЛГС за [6, 10, 15]). На думку В. А. Ковди [8], кожному геохімічному ландшафту (ЛГС) відповідає певний «ґрунтово-геохімічний ландшафт» — закономірно змінювана у просторі генетична сукупність ґрунтів певного речовинно-хімічного складу і властивостей та біогеохімічних процесів. Кожний геохімічний, а відповідно і ґрунтово-геохімічний ландшафт характеризуються своєю історією формування і направленістю ландшафто- і ґрунтоутворних процесів, певним типом балансу продуктів вивітрювання і ґрунтоутворення.

У структурі геохімічного ландшафту (ЛГС) водозбірного басейну самотійними смугами (поясами) від вододілу до його підніж та депресій рельєфу в залежності від геоморфогенно-гіпсометричної приуроченості, а відповідно й умов міграції та акумуляції хімічних елементів і речовин, виділяються [6, 10, 15, 16] наступні типи елементарних геохімічних ландшафтів (ЕЛГС) та відповідні їм типи ґрунтово-геохімічних ландшафтів [8]:

- елювіальні (автономні чи автоморфні) вододільних рівнів поверхні та привододільних схилів;
- супераквальні (надводні) та субаквальні (підводні) гіпсометрично низьких геохімічно залежних рівнів території.

Крім перелічених вище, у наш час додатково виділяють транселювіальні, транселювіально-акумулятивні, акумулятивно-елювіальні, трансупераквальні й інші типи ЕЛГС та відповідні їм типи ґрунтово-геохімічних ландшафтів.

Як відмічалось вище, ґрунтоутворення у біогеохімічному плані розглядається як співвідношення процесів винесення й акумуляції речовин і хімічних елементів у результаті взаємодії малого біологічного і великого геологічного кругообігів речовин на земній поверхні. При цьому завдяки ґрунту уповільнюється винесення речовин за межі ландшафту в результаті зміни поверхневого стоку води на внутрішньогрунтовий, затримання ґрунтом частини речовин, особливо елементів живлення рослин, від винесення за межі кореневмісного шару. Перепоною для винесення ґрунтових сполук і утворень є біологічний кругообіг зольних речовин і елементів, а по суті — явище поглинання біофільних елементів рослинами та акумуляції їх в системі ґрунт-рослина. Чим вища біогенна значимість тих чи інших хімічних речовин і елементів, тим у більшій мірі вони захоплюються організмами, а значить — і захищені від винесення поверхневими і підґрунтовими водами чи еоловим потоком. Елементи високого рівня біогенності (*C*, *N*, *P*, *Ca*, *K*, *S*) міграційно менш рухливі порівняно з елементами біогенно менш значимими (наприклад, *Cl*, *Na*, *Mg*). Останні зазвичай вирізняються

високою сумарною міграційною здатністю і виносяться природними водами чи аерально-імпульверизаційним шляхом за межі свого утворення і поширення, є основними компонентами соленагромадження у ландшафтах і ґрунтах [5, 7, 8, 13].

Особливий інтерес у плані прикладення наукових ідей та вчення В. А. Ковди в області біогеохімії ґрунтоутворення до умов о.Зміїний представляють висвітлені у двох цитованих нами його роботах [7, 8] матеріали дослідження ембріонально-первинного наскального під дією мікроорганізмів і літофільної рослинності та дерново-чорноземного під покривом степової трав'яної рослинності ґрунтоутворення. Зокрема, було встановлено, що мікроорганізми, нижчі рослини та тваринні організми сумісно із гідротермічними факторами середовища справляють сильний вплив на скельні породи і мінерали, зумовлюючи виникнення специфічного «плівкового ембріонального наскального ґрунтоутворення», що передуює нормальному процесу ґрунтоутворення в умовах елювіальних ландшафтів. На продуктах розпаду скельних порід оселяються організми вищого рівня розвитку — гриби і лишайники. Останні (точніше їх ризоїди) руйнують породу як механічно, так і біохімічно, при цьому утворюється дрібнозем із елементами родючості. За даними М. О. Красильнікова [9], лишайники залучають у біологічний обіг в умовах первинного ґрунтоутворення на скелях більше 300 кг/га *N* щорічно. В золі лишайників концентруються *S*, *P*, *K*, а часто і *Ca*, *Al*, *Si*, *Fe* та *Mg*. Утворюється значна кількість вторинних глинистих мінералів, у дрібноземі концентрується до 10 (інколи до 30–40) % органічної речовини, схожої з ґрунтовим гумусом та збагаченої (до 1 %) азотом, поступово у дрібноземі виникає поглинальна здатність. З наступним поселенням літофільних грибів активізується процес наскального вивітрювання і ґрунтоутворення, оскільки в результаті життєдіяльності грибів продукується значна кількість фульвокислот, а в золі грибних решток акумулюється P_2O_5 (до 40–50 %), *Ca*, *Mg*, *K* і *Na*, в меншій кількості *Fe*, *Mn*, *Al*, *Cl* [7, 9].

Таким чином, під впливом життєдіяльності лишайників, наскальних бактерій і грибів відбувається не тільки руйнація первинних мінералів скельних порід, але й утворення та акумуляція у складі дрібнозему гумусових кислот, біофільних елементів і вторинних глинистих мінералів. Тобто утворюється наскальний «плівковий» ґрунтовий дрібнозем, збагачений скелетом, рештками організмів, гумусовими кислотами та біофілами.

Особливо масштабними і значимими у роботах В. А. Ковди є результати дослідження біогеохімії ґрунтоутворення під покривом трав'яної рослинності (дернового ґрунтоутворювального процесу). Встановлено [7], що під покривом трав у цілих умовах на поверхні ґрунту формується горизонт дернини, на який щорічно накладається опад надземної фітомаси, утворюючи шар степової повсті (*рос. — степного войлока*). Крім цього, до 85 % маси коренів (ризомаси) зосереджено у верхньому 0–50 см горизонті ґрунту, із них 70–75 % у шарі 0–20 см. Сумарно біомаса трав'яних ценозів — надземна, коріння, повсті і дернини — варіює в межах від 250 до

1000 ц/га при середньому вмісті азоту і зольних елементів у рослинних тканинах 5–7 %. Щорічне надходження органічних речовин трав'яної рослинності в ґрунт з опадом досягає 45–100 % від надземної фітомаси і 30–40 % від ризомаси. Оскільки трав'яна рослинність залучає до біологічного кругообігу значні кількості *C*, *N*, відносно рухомого *Si*, а також *Ca*, *Mg*, *K*, *F*, *S*, *Cu*, *Co*, *Fe* і *Al*, ними, як і значною кількістю гумусових речовин, збагачуються верхні горизонти ґрунтів. У середньому надземна біомаса трав містить 500–700 кг/га мінеральних речовин і елементів, корені — від 300–450 до 600–700 кг/га. Всього трав'яна рослинність цілих степів на території колишнього СРСР залучає до біообігу не менше 800–1200 кг/га мінеральних речовин різного типу. А разом із азотом, прижиттєвими мінеральними виділеннями та коренями, які відмирили в процесі вегетації, трав'яна рослинність щорічно залучає в біообіг до 2000 кг/га хімічних елементів і речовин. Від 70 до 95 % цієї кількості зосереджується у коренях, особливо верхніх 0–30 см ґрунтового профілю, збагачуючи його гумусом, *N*, *P*, *K*, *Ca*, *Mg*, *Si*, *S*, *Fe* та *Al*. При цьому біогенні *Ca* і *Mg* активно входять до складу ґрунтового поглинального комплексу, нейтралізують *pH* середовища.

Біогеохімічна направленість ґрунтоутворення під покривом трав'яної рослинності залежить від поєднання біологічного кругообігу біофільних елементів з хімізмом ґрунтоутворних порід, направленості геохімічних процесів у ландшафті, й особливо від сумарного балансу речовин при ґрунтоутворенні. В результаті сумарний баланс речовин біогеохімічного циклу кругообігу тут, як правило, накопичувальний (акумуляція біогенна, а частіше й геохімічна), особливо в умовах відносно сухого клімату і слабопромивного водного режиму ландшафтів степів і прерій. Біогенно-акумулятивний процес тут поєднується із геохімічною і механічною акумуляцією речовин і хімічних елементів, в результаті чого верхні горизонти ґрунтів збагачуються гумусом гуматного типу. З ним у ґрунт поступають у значній кількості азот (до 120 кг/га), SiO_2 (180–190 кг/га), а також *Ca*, *Mg*, *K*, *F*, *S*, *Fe*, *Al*. Зазвичай під покривом степової чи лучно-степової рослинності утворюються ґрунти із потужним гумусовим горизонтом — чорноземні чи чорноземоподібні, в гумусі яких відношення *C:N* в межах 10–12, ємність катіонного обміну досягає 30–50 мекв/ 100 г ґрунту.

Біогеохімія ґрунтоутворення в умовах о. Зміїний

Починаючи з 2003 р. під керівництвом та за участю автора вивчаються умови і процеси утворення ґрунтів і ґрунтового покриву о.Зміїний, їх речовинно-хімічний склад, властивості і біопродуктивність [1–4 та ін.]. Отримані результати та матеріали досліджень дозволяють висловити певні міркування щодо специфіки біогеохімії ґрунтоутворення в умовах острова. Для ілюстрації викладу наводимо деякі результати спряжених фітоценотично-ґрунтових досліджень на острові у 2009 р. (табл. 1).

Перш за все про специфічність ландшафтно-геохімічного середовища на острові. Зважаючи на значну міцність порід геологічної будови, кора ви-

вітрювання між виходами на поверхню щільних порід малопотужна (менше 30–50, рідко до 60–70 см), сильнокам'янисто-щебенювата. У зв'язку з цим рослинно-ґрунтовий покрив на острові локально-фрагментарний, із різною просторовою потужністю ґрунтових профілів у залежності від глибини залягання від поверхні щільних порід. Сильна кам'янистість кори вивітрювання та сформованих на ній ґрунтів зумовлює дуже високу їх водопроникність, і як наслідок — швидку зміну поверхневого стоку на ґрунтово-підґрунтовий. В результаті делювіальні процеси на острові порівняно малоінтенсивні, а підґрунтовий стік швидкоплинний, і лише після випадання рясних дощів та таяння снігу.

Атмосферні опади — єдине джерело вологозабезпечення природних ландшафтів острова, оскільки через сильну кам'янистість ґрунтово-підґрунтової товщі тут не можуть сформуватися горизонти підґрунтових вод. Разом з тим район характеризується мінімальною кількістю опадів в Україні — менше 300 мм за рік [11]. Однак попри майже сухостепову кількість опадів трав'яна рослинність острова нагадує північний лучний степ, а не посушливий південний. Пояснюється це, як свідчать результати наших досліджень (табл. 1), надзвичайно високою здатністю степових ценозів (зокрема шару повсті + горизонту дернини-підстилки) і верхніх гумусово-аккумулятивних горизонтів ґрунтів, що зазвичай збігаються з горизонтами кореневмісними, запасати й утримувати вологу. Потужність кореневмісного горизонту в ґрунтах острова зазвичай 15–20 (до 25) см, на делювіально-шлейфових ділянках підніж схилів та днищах улоговин зростає до 30–45 (інколи 55) см (ключові ділянки ОЗ-15 та ОЗ-21). Максимальні запаси продуктивної вологи у верхніх горизонтах ґрунтів при їх найменшій вологемості під трав'яною цілиною на рівні 50–100 мм, у підніжжях схилів — більше 130 мм, а в 54 см кореневмісному горизонті на днищі улоговини (ділянка ОЗ-21) сягає 360 мм. Тобто волога атмосферних опадів у більшій кількості (а часто практично повністю) запасється степовими біоценозами і витрачається травами на транспірацію і формування біомаси. І лише незначна кількість атмосферної вологи надходить на ґрунтово-підґрунтовий стік, який триває зазвичай до 3–5 днів після рясних дощів та таяння снігу. Поверхневий же стік води на ділянках, покритих трав'яною рослинністю, ще менш інтенсивний та швидкоплинний, а очевидно, під травами на острові розвиток процесів ерозії ґрунтів мало вірогідний.

На поверхню острова аерально-імпульсверизаційним шляхом з атмосферними опадами і сухими випаданнями, а також безпосередньо з моря з імлою, бризками та піною постійно приносяться солі (в основному хлориди і сульфати натрію), біофільні елементи і речовини. Атмосферні опади в районі острова кислого діапазону pH — від 4,8–4,9 до 5,3–5,7, що поряд із кислим хімізмом материнських порід також сприяє кислотності як тутешніх ґрунтів, так і ландшафтів. Мінералізація опадів у літні місяці 0,05–0,07 г/л, у холодний період зростає до 0,2–0,3 г/л, головню за рахунок різкого збільшення кількості хлор- і натрій-іонів (до 60–90 мг/л кожного).

Таблиця 1
Деякі показники і характеристики біогеохімії ґрунтоутворення на о. Зміїний станом на липень 2009 року

Ключові станції, ґрунти*	Показники стану ґрунтів														Біомаса				
	Гори-зонт	Гли-бина, см	Скелет, % маси ґрунту			Гу-мус	рН сол.	Гідрол. кисл-сть	Поглинуті основи		Доступні рослинам				Про-дукт. волога при НВ, мм	Надзем. фітома-са+ ри-зомаса	Степ. повсть + дер-нина		
			Σ со-лей	% дрібнозему	Су-ма				в т. ч. Са ²⁺	N- NH ₄ ⁺	N- NO ₃ ⁻	P ₂ O ₅	K ₂ O	За Чирико-вим					
Геоморфогенно-гіпсометричний рівень (зона) вершинно-вододільного плато і привододільних пологих схилів																			
ОЗ-14-09, Чк	N ₀	0-3		0,42		6,9									16,2	94	175		
	Nq	6-16	68,2	0,36	12,0	6,3	0,2	38,6	26,4	2,5	2,2	380,0	77,0						
	Nrq	21-30	64,3	0,12	9,1	5,5	5,7	30,2	16,8	2,5	0,6	140,0	61,0						
	Rhq	30-39	77,0	0,09	8,3	4,5	10,1	20,2	11,2	2,5	0,3	160,0	41,0						
	Разом у верхньому шарі ґрунту 0-21 см																	66,8	
Геоморфогенно-гіпсометричний рівень (зона) схилкових місцевостей																			
ОЗ-13-09, Чк; схил східної експ-ції	N ₀	0-4		0,56		5,6									31,4	86	102		
	Nq	4-14	70,1	0,15	17,9	3,8	24,1	23,3	10,8	4,5	0,9	120,0	24,0						
	Nrq	14-23	85,8	0,15	15,1	3,3	35,0	19,1	8,8	4,0	0,2	100,0	16,0						
	Rhq	23-32	81,0	0,14	8,5	3,2	25,4	9,8	3,2	2,5	0,1	100,0	18,0						
	Разом у верхньому шарі ґрунту 0-14 см																	57,6	
ОЗ-16-09, Чн; схил південної експ-ції	N ₀	0-3		0,31		5,0									18,8	94	174		
	Nq	5-15	61,8	0,16	13,4	4,0	18,8	20,4	11,2	3,7	1,6	110,0	39,0						
	Nrq	17-24	60,3	0,30	7,7	3,4	22,8	11,3	3,6	1,0	0,3	110,0	34,0						
	Разом у верхньому шарі ґрунту 0-17 см																	55,8	
ОЗ-20-09, Чк; схил північної експ-ції	N ₀	0-4		0,18		5,0									27,5	197	468		
	Nq	9-19	70,0	0,16	18,2	3,7	28,4	21,2	10,4	2,6	0,6	106,0	25,0						
	Nrq	27-37	58,0	0,13	14,7	3,4	29,3	14,7	7,6	2,0	0,1	106,0	24,0						
	Разом у верхньому шарі ґрунту 0-25 см																	103,0	

Продовження таблиці 1

Ключові станції, ґрунти	Горизонт	Глибина, см	Показники стану ґрунтів											Біомаса				
			Скелет, % маси ґрунту	Σ солей	Гумус % дрібнозему	рН сол.	Гідрол. кислотність	Поглинуті основи		Доступні рослинам			Продукт. волога при НВ, мм	Надзем. фітотомаса	Степ. пошкодження + дернина			
								Суша	в т.ч. Ca ²⁺	N- NH ₄ ⁺	N- NO ₃ ⁻	P ₂ O ₅				K ₂ O		
																	За Чирикочим	
																	мг/100 г дрібнозему	
Геоморфогенно-гіпсометричний рівень (зона) делювіально-аккумулятивних місцевостей підніж схилів та днищ улоговин																		
ОЗ-15-09, ЧК: підніжжя схилу	H ₀	0-6		0,30		5,6								48,0	397	766		
	Hq оторф	7-17	40,2	0,19	14,8	4,8	11,8	27,2	14,4	3,1	1,2	210,0	56,0					
	Hq	20-30	46,6	0,41	14,0	3,9	22,3	20,8	11,2	1,6	0,2	126,0	33,0					
	Hrq	33-44	52,5	0,50	12,8	3,8	23,2	20,9	8,4	1,4	0,2	104,0	31,0					
	Phq	44-52	34,0	0,53	5,0	3,6	14,9	14,3	2,4	1,0	0,1	100,0	28,0					
Разом у верхньому шарі ґрунту 0-17 см															72,2			
Разом у верхньому шарі ґрунту 0-33 см															132,8			
ОЗ-21-09, ЧД: днище улого-вини	Ho	0-6		0,13		4,9								47,3	290	468		
	H	6-15	38,1	0,16	12,8	4,8	10,9	34,4	15,6	13,2	0,8	290,0	77,0					
	Hпох.	20-30	56,1	0,11	11,8	4,2	17,5	23,8	12,4	2,5	0,3	240,0	43,0					
	Hпох.	40-50	56,0	0,15	11,8	3,9	24,9	22,9	10,0	1,0	0,1	150,0	32,0					
	Hrqgl	60-70	65,0	0,09	5,9	3,8	13,1	15,5	2,8	1,0	0,1	116,0	31,0					
Разом у верхньому шарі ґрунту 0-15 см															87,6			
Разом у верхньому шарі ґрунту 0-54 см															359,4			

* Індекси ґрунтів: Чн — чорнозем неовнорозвинений; Чк — чорнозем короткопрофільний; Чл — чорнозем намитий луч-
нуватий

Із сухими випаданнями на поверхню острова поступають в першу чергу іони морських солей (Cl , SO_4 , Na , Br), а також біогени (NO_3 , NH_4 , NO_2 , P_2O_5). Максимальна їх кількість відмічена у весняно-літні та штормові осінні місяці. Щорічно з сухими атмосферними випаданнями на поверхню острова поступають 1225 ± 47 кг /км² S у формі SO_4 , 650 ± 27 кг /км² N у формі NH_4 , NO_3 і NO_2 , $41,5 \pm 2,5$ кг /км² P у формі PO_4 . В останні роки надходження SO_4 та NO_3 збільшилось у 2–3 рази порівняно з 1990–1992 роками [12].

Дослідження вод підгрунтового стоку засвідчили, що їх хімізм формується головню за рахунок солей, що поступають на поверхню острова з атмосферними опадами і сухими випаданнями. pH цих вод зазвичай 4,0–4,3, мінералізація 1,3–1,5 (рідко до 3) г/л. Серед іонів різко домінують Cl , SO_4 та Na . У літні місяці у водах різко збільшується кількість азоту у формі NO_3 (до 35–40 мг/л) та фосфору у формі PO_4 (до 30–50 мг/л, а інколи й більше).

Результати досліджень хімічного складу атмосферних опадів і сухих випадань та вод підгрунтового стоку дають підстави стверджувати, що солі, які приносяться на острів, витрачаються головню на формування як поверхневого, так в більшій мірі підгрунтового іонного стоку. Тобто ландшафтно- і ґрунтово-геохімічна роль атмосферних опадів тут зводиться до виносу солей за межі ґрунтово-підгрунтової товщі території, іншими словами — до ролі природного меліоратора тутешніх ландшафтів.

Острів характеризується певною різноманітністю рельєфу території. За відмінностями геоморфогенно-гіпсометричної будови виділяються п'ять рівнів (зон) поверхні — вершинно-вододільного гребенеподібного плато і привододільних пологих схилів, схилів ухилом до 3–5(6)°, делювіально-аккумулятивних місцевостей підніж схилів, давніх морських терас, узбережних крутосхилів і обривів. Найбільші за площею перші два гіпсометрично підвищені рівні (зони) поверхні. Схили західної і північної експозицій дещо кращого атмосферного зволоження, тут багатші рослинно-степові місцезростання порівняно із схилами східної і південної експозицій. У рельєфі схилів північної експозиції виділяються декілька невеликих ерозійних улоговин з добре розвиненою різнотравно-злаковою рослинністю.

Рівнево-геоморфогенна неоднорідність поверхні острова спричиняє формування поверхневого і підгрунтового стоку, просторовий перерозподіл вологи, продуктів вивітрювання і ґрунтоутворення, а відповідно й зон винесення, транзиту й аккумуляції хімічних елементів і речовин від гіпсометрично вищих до нижчих рівнів поверхні. Тобто від вищих до нижчих рівнів поверхні формується гіпсометрично-ієрархічна структура ЕЛГС функціонально єдиного в межах водозбірного, а отже й солезбірного басейну території острова геохімічного ландшафту, якій відповідають просторово відмінні типи ґрунтово-геохімічних ландшафтів. Це наступні типи елементарних геохімічних, а отже й ґрунтово-геохімічних ландшафтів:

– елювіальні (автономні) в межах вершинно-вододільного гребенеподібного плато і привододільних пологих схилів;

- транселювіальні схилових місцевостей острова ухилом до 3–5 (6)° та давніх морських терас;
- транселювіально-аккумулятивні виположених підніж схилів;
- аккумулятивно-елювіальні ерозійних улоговин на північних схилах острова.

Зона узбережних крутосхилів і обривів у цій геоморфогенно-гіпсометричній ієрархії структури ЛГС слугує зоною скидання вод поверхневого і підґрунтового стоку з території острова у прилеглу акваторію моря.

Ділянки тонкого кам'янисто-щебенюватого елювію чи елюво-делювію між виходами на поверхню острова щільних порід покриті степовою різнотравно-злаковою рослинністю. На більшій частині території, і зокрема в заповідній зоні, трав'яна рослинність збереглась практично у незайманому стані (не коситься, не випасається). Простежується тенденція до мезофікації видового складу степових фітоценозів, що проявляється у суттєвому збільшенні пирієвих асоціацій, особливо на краще зволжених делювіально-шлейфових виположених рівнях поверхні підніж схилів та днищах улоговин. Модальні значення загальної біомаси степових фітоценозів пересічно в межах 300–400 (рідко до 500) ц/га, що типово для чорноземних степів півдня України. На схилах же західної і північної експозиції дещо кращого атмосферного зволоження біомаса на 10–20 % більша. На ділянках аккумулятивних геохімічних ландшафтів (виположені підніжжя схилів, днища улоговин — див. табл.1, ОЗ-15 і ОЗ-21), куди з поверхневим і підґрунтовым стоком поступає додаткова кількість води, хімічних елементів і речовин, трав'яний покрив виділяється більшою висотою і густотою, його загальна біомаса досягає 700–1100 ц/га, з них 450–750 ц/га степової повсті і дернини. Це суттєво більше, ніж у типових степових ценозах Євразії і Північної Америки [7].

Наведена характеристика природних умов о. Зміїний дає підстави говорити про специфічність як умов, так і сутності процесів вивітрювання та утворення ґрунтів і ґрунтового покриву на острові. Щодо особливостей процесів вивітрювання поверхневих щільних кислих порід значної міцності говорилось вище. Разом з тим очевидно, що природні біоекологічні умови та процеси геохімічної міграції елементів і речовин сукупно є визначальними для утворення на острові ґрунтів саме чорноземного типу. Це перш за все степові ландшафти із домінуванням доволі багатой різнотравно-злакової рослинності, сприятливі умови для процесу гумусоутворення і гумусонакопичення, зважаючи на стабільно цілинний режим рослинного покриву та відносну посушливість і континентальність клімату. Вміст гумусу у верхніх горизонтах чорноземних ґрунтів острова складає 12–15 % (до 18 %), причому кількість його донизу по профілю зменшується поступово (див. табл.1).

Разом з тим мала потужність та сильна щебнистість — кам'янистість елювію та елюво-делювію щільних поверхневих кислих порід, постійне поступання на поверхню острова солей (головно хлоридів і сульфатів натрію) визначають генетичні особливості тутешніх чорноземних ґрунтів,

специфіку їх речовинно-хімічного складу і властивостей. В першу чергу, малу потужність профілю, сильну кам'янистість та високу кислотність (як активну, так і потенційну), що збільшуються донизу по профілю. Так, $pH_{\text{сол.}}$ у нижніх горизонтах практично всіх досліджуваних розрізів чорноземних ґрунтів острова менше 4, а гідролітична кислотність сягає 20–30 (навіть 35) мекв/ 100 г, що співставимо хіба що із відповідними значеннями сильно кислих буроземних ґрунтів Карпат, які також утворились на елювії кислих порід. Ступінь насиченості основами у цих горизонтах в межах 30–40 %. У верхніх же горизонтах цей показник більше 50 %, що пояснюється максимальним вмістом у верхніх (кореневмісних) горизонтах чорноземних ґрунтів острова поглинутих основ, в т.ч. і кальцію, найвірогідніше біогенної природи. Про останнє однозначно, на нашу думку, свідчить суттєве зменшення донизу по профілю як суми поглинутих основ, так і кальцію зокрема (див. табл.1).

Звернемо увагу ще на два показники стану чорноземних ґрунтів острова — їх засоленість та дуже високий вміст біофільних *NPK*. Як видно із таблиці, максимальна концентрація легкокорозчинних солей по профілю досліджуваних ґрунтів констатується у поверхневому горизонті дернини-підстилки H_0 , домінують у хімічному складі солей SO_4 - та Na - і Mg -іони. Очевидно, дернина під покривом степової трав'яної рослинності в умовах острова не тільки утримує й запасає вологу атмосферних опадів, що відмічалось вище, але й поступаючи на поверхню острова з опадами і сухими атмосферними випаданнями солі та біофільні елементи і сполуки. Саме ці іони морських солей та сполуки азоту і фосфору у значній кількості поступають на поверхню острова. Причому поступання SO_4 і NO_3 в останні роки зростає. Не виключається також суттєва роль посліду численної транзитної та мешкаючої на острові орнітофауни у накопиченні в чорноземних ґрунтах як гумусу, так і біофільних елементів, зокрема *NPK* [1, 4]. Водночас аеральне поступання на поверхню острова значної кількості Na -іонів спричинює практично повсюдне осолонцювання тутешніх ґрунтів — вміст обмінного натрію в їх поглинальному комплексі складає пересічно 5–10, а інколи до 15 % від ємності катіонного поглинання.

Дослідження процесів вивітрювання і ґрунтоутворення на щільних скельних породах поверхні острова та їх грубоуламкових розсипах показало, що під дією наскальних мікроорганізмів та під літофільною (в основному лишайниковою) рослинністю відбувається не тільки розрушення первинних мінералів і порід, але й утворення та акумуляція у складі сильнощербистого дрібнозему гумусових речовин, біофільних елементів та вторинних глинистих мінералів. У результаті утворюється наскальний «плівковий» сильноскелетний первинно-ґрунтовий дрібнозем із рештками організмів, збагачений гумусовими речовинами та біофільними сполуками і елементами. Згідно із світовою класифікацією ґрунтів *WRB* [18] такі ембріонально-примітивні ґрунтови наскальні утворення діагностуються як *Leptosols Hyperskeletal*.

Висновки

1. У світлі наукових ідей та вчень академіків В. І. Вернадського та В. А. Ковди викладені теоретико-методологічні основи біогеохімії ґрунтоутворення з акцентом на умови під покривом степової трав'яної рослинності та на виходах щільних порід.

2. Острів складений давніми (палеозойськими) кислими породами значної міцності, в результаті довготривалої геологічної історії тут переважає порівняно слабка континентальна денудація. Щільні скельні породи та грубоуламкові їх розсипи повсюдно виходять на денну поверхню, займаючи від 10–20 до 30–50 % поверхні острова, а часто і більше. Кора вивітрювання між виходами на поверхню щільних порід малопотужна (менше 30–50, рідко до 60–70 с.), сильнокам'янисто-щебенювата. У зв'язку з цим рослинно-ґрунтовий покрив на острові локально-фрагментарний, із різною просторовою потужністю ґрунтових профілів у залежності від глибини залягання від поверхні щільних порід. Сильна кам'янистість кори вивітрювання та сформованих на ній ґрунтів зумовлює дуже високу їх водопроникність та швидку зміну поверхневого стоку на ґрунтово-підґрунтовий.

3. Трав'яна рослинність на острові нагадує північний лучний степ, а не посушливий південний згідно із схемою природно-географічного районування. Пояснюється це надзвичайно високою здатністю степових ценозів (зокрема шару повсті + горизонту дернини-підстилки) і верхніх гумусово-аккумулятивних горизонтів ґрунтів, що зазвичай співпадають з горизонтами кореневмісними потужністю пересічно 15–20 (до 25) см, запасати й утримувати вологу. Тобто волога атмосферних опадів у більшій кількості (а часто практично повністю) запасується степовими біоценозами острова і витрачається трав'яною рослинністю на транспірацію і формування біомаси. І лише незначна кількість атмосферної вологи поступає на ґрунтово-підґрунтовий стік. Поверхневий же стік води на ділянках, покритих трав'яною рослинністю, ще менш інтенсивний та швидкоплинний.

4. На поверхню острова аерально-імпульверизаційним шляхом з атмосферними опадами і сухими випаданнями, а також безпосередньо з моря постійно приносяться солі (в основному хлориди і сульфати натрію), біофільні елементи і речовини. В останні роки суттєво збільшилось поступання SO_4 та NO_3 . Атмосферні опади в районі острова кислого діапазону pH — від 4,8–4,9 до 5,3–5,7, що поряд із кислим хімізмом материнських порід також спричиняє кислотність як тутешніх ґрунтів, так і природних ландшафтів.

5. На нашу думку, солі, які приносяться на острів, витрачаються головню на формування як поверхневого, так в більшій мірі підґрунтового іонного стоку. Тобто ландшафтно- і ґрунтово-геохімічна роль атмосферних опадів тут зводиться до ролі природного меліоратора тутешніх ландшафтів.

6. За відмінностями геоморфогенно-гіпсометричної будови виділяються п'ять рівнів (зон) поверхні острова. Найбільші за площею два гіпсометрично підвищені рівні (зони) поверхні — вершинно-вододільного гребенеподібного плато і привододільних пологих схилів та схилів ухилом до 3–5(6) °.

Схили західної і північної експозицій дещо кращого атмосферного зволоження, тут багатші рослинно-степові місцезростання. В рельєфі схилів північної експозиції виділяються декілька невеликих ерозійних улоговин з добре розвиненою різнотравно-злаковою рослинністю.

7. Рівнево-геоморфогенна неоднорідність поверхні острова спричиняє просторовий перерозподіл вологи, продуктів вивітрювання і ґрунтоутворення, а відповідно й зон винесення, транзити й акумуляції хімічних елементів і речовин від гіпсометрично вищих до нижчих рівнів поверхні. Тобто від вищих до нижчих рівнів поверхні формується гіпсометрично-ієрархічна структура наступних ЕЛГС функціонально єдиного в межах водозбірного, а отже й солезбірного басейну території острова геохімічного ландшафту, якій відповідають просторово відмінні наступні типи ґрунтово-геохімічних ландшафтів: елювіальні (автономні) в межах вершинно-вододільного гребенеподібного плато і привододільних пологих схилів; транселювіальні схилівих місцевостей острова ухилом до 3–5 (6)° та давніх морських терас; транселювіально-аккумулятивні виступів підніж схилів; аккумулятивно-елювіальні ерозійних улоговин на північних схилах острова.

8. Ділянки кам'янисто-щебенюватого елювію чи елюво-делювію між виходами на поверхню острова щільних порід покриті степовою різнотравно-злаковою рослинністю. На більшій частині території, і зокрема в заповідній зоні, трав'яна рослинність збереглась практично у незайманому стані. Модальні значення загальної біомаси степових фітоценозів пересічно в межах 300–400 (рідко до 500) ц/га. На схилах західної і північної експозиції кращого атмосферного зволоження біомаса на 10–20 % більша. На ділянках аккумулятивних геохімічних ландшафтів (виступів підніжжя схилів, днища улоговин — див. табл.1, ОЗ-15 і ОЗ-21), куди з поверхневим і підґрунтовим стоком поступає додаткова кількість вологи, хімічних елементів і речовин, трав'яний покрив виділяється більшою висотою і густотою, його загальна біомаса досягає 700–1100 ц/га, з них 450–750 ц/га степової повсті + дернини.

9. Природні біоекологічні умови та процеси геохімічної міграції елементів і речовин сукупно є визначальними для утворення на острові ґрунтів чорноземного типу. Генетичними особливостями цих ґрунтів є мала потужність профілю, сильна кам'янистість та висока кислотність, що збільшуються донизу по профілю, практично повсюдна солонцюватість. Ступінь насиченості основами у нижніх горизонтах профілю лише 30–40 %, у верхніх горизонтах більше 50 %, що пояснюється максимальним вмістом у верхніх (кореневмісних) горизонтах поглинутих основ, в т.ч. і кальцію, найвірогідніше біогенної природи. Вміст гумусу гуматного типу у верхніх горизонтах чорноземних ґрунтів острова складає 12–15 (до 18) %, причому кількість його донизу по профілю зменшується поступово.

10. Незвичними є ще два показники стану чорноземних ґрунтів острова — їх засоленість та дуже високий вміст біофільних *НРК*. Максимальна концентрація легкорозчинних солей по профілю досліджуваних ґрунтів констатується у поверхневому горизонті дернини-підстилки H_0 , домінують у хімічному складі солей SO_4 - та Na - і Mg -іони. Очевидно, дернина під

покривом трав'яної рослинності в умовах острова не тільки утримує й запасає вологу атмосферних опадів, але й поступаючи на поверхню острова з опадами і сухими атмосферними випаданнями солі та біофільні елементи і сполуки. Не виключається також суттєва роль посліду численної транзитної та мешкаючої на острові орнітофауни у накопиченні в ґрунтах як гумусу, так і біофільних елементів, зокрема *НРК*.

11. На щільних скельних породах поверхні острова та їх грубоуламкових розсипах під дією наскальних мікроорганізмів та під літофільною (в основному лишайниковою) рослинністю відбувається не тільки розрушення первинних мінералів і порід, але й утворення та акумуляція у складі сильнощербистого дрібнозему гумусових речовин, біофільних елементів та вторинних глинистих мінералів. Утворюється наскальний сильноскелетний первинно-ґрунтовий дрібнозем із рештками організмів, збагачений гумусовими речовинами та біофільними сполуками і елементами — *Leptosols Hyperskeletal* за класифікацією ґрунтів WRB.

Література

1. Біланчин Я. М., Гошуренко Л. М., Свідерська І. В. Про генетичну природу чорноземів о. Зміїний, їх речовинно-хімічного склад і властивості // Вісн. Одес. нац. ун-ту. Сер. Географ. та геол. науки. — 2009. — Т. 14. — Вип.7. — С. 240–245.
2. Біланчин Я. М., Жанталай П. І., Тортник М. Й., Медінець В. І. Умови та процеси ґрунтоутворення на острові Зміїний // Вісн. Одес. нац. ун-ту. Сер. Екологія. — 2005. — Т. 10. — Вип.4. — С. 50–55.
3. Біланчин Я. М., Жанталай П. І., Тортник М. Й., Буяновський А. О. Ґрунти острова Зміїний: морфологія, літологія, засоленість // Вісн. Одес. нац. ун-ту. Сер. Екологія. — 2005. — Т. 10. — Вип.4. — С. 56–65.
4. Біланчин Я. М., Жанталай П. І., Тортник М. Й., Буяновський А. О. Дослідження ґрунтового покриву о.Зміїний// Острів Зміїний. Абіотичні характеристики: монографія / відп. ред. В. І. Медінець; Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова. — Одеса:Астропринт,2008. — С. 54–79.
5. Вернадский В. И. Избранные сочинения // Отв. ред. А. П. Виноградов. — М.: АН СССР. — Т. 5 [Биосфера. Статьи по биогеохимии. Почвы...]. — 1960. — 442 с.
6. Глазовская М. А. Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов. — Москва: Изд-во Моск. ун-та, 1964. — 230 с.
7. Ковда В. А. Основы учения о почвах. Общая теория почвообразовательного процесса. — Кн.вторая. — М.:Наука, 1973. — 468 с.
8. Ковда В. А. Биогеохимия почвенного покрова. — М.:Наука, 1985. — 264 с.
9. Красильников Н. А. Микрофлора высокогорных скальных пород и азотфиксирующая ее деятельность// Успехи совр. биологии. — 1956. — Т. 41. — Вып.2. — С. 177–192.
10. Малишева Л. Л. Геохімія ландшафтів: Навч.посібник. — К.: Либідь, 2000. — 472 с.
11. Медінець В. І., Газетов Є. І., Морозов В. М. Кліматичні і метеорологічні дослідження // Острів Зміїний. Абіотичні характеристики: Монографія / відп. ред. В. І. Медінець; Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова. — Одеса: Астропринт, 2008. — С. 80–114.
12. Медінець В. І., Медінець С. В., Проценко В. В. Атмосферно-хімічні дослідження // Острів Зміїний. Абіотичні характеристики: Монографія / відп. ред. В. І. Медінець; Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова. — Одеса: Астропринт, 2008. — С. — 115–137.
13. Назаренко І. І., Польчина С. М., Нікорич В. А. Ґрунтознавство: Підручник. — Чернівці: Книги-XXI, 2008. — 400 с.
14. Пащенко В. М. Острів Зміїний. Природа, мешканці, землеустрій: Монографія. — К.: НДІГК, 2008. — 140 с.: 307 іл.
15. Перельман А. И. Геохимия ландшафта. Изд.2: Учеб. пособие. — М.: Высш. шк., –1975. — 342 с. с ил. и табл.

16. *Полынов Б. Б.* Избранные труды. — М.: Изд-во АН СССР, 1956. — 751 с.
17. *Почвоведение: Учебник для ун-тов.* В 2 ч./Под ред. В. А. Ковды, Б. Г. Розанова. — Ч.1. Почва и почвообразование. — М.: Высш.шк., 1988. — 400 с.: ил.
18. *Світова реферативна база ґрунтових ресурсів 2006.* Звіт про ґрунтові ресурси світу 103 (Пер. Польчина С. М., Нікорич В. А.) — Рим: ФАО, 2006; Чернівці: ЧНУ, 2007. — 200 с.

Я. М. Біланчин

Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова,
кафедра почвоведения и географии почв,
ул. Дворянская, 2, Одесса, 65082, Украина

**БИОГЕОХИМИЯ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ОСТРОВА
ЗМЕИНЫЙ**

Резюме

В свете научных идей и учений академиков В. И. Вернадского и В. А. Ковды изложены теоретико-методологические основы биогеохимии почвообразования с акцентом на условия под покровом степной травянистой растительности и на выходах плотных пород. Анализируется специфика биогеохимии почвообразования в условиях о. Змеиный.

Ключевые слова: остров Змеиный, биогеохимия, выветривание, почвообразование, миграция веществ и химических элементов.

Ya. M. Bilanchyn

Odessa Mechnikov National University,
Department of Soil Science and Soil Geography,
Dvorianskaya St., 2, Odessa, 65082, Ukraine

**SOIL FORMATION BIOCHEMISTRY IN ZMIINY ISLAND
CONDITIONS**

Summary

The article covers questions of theoretical and methodological soil forming biochemistry basics in the light of V. I. Vernadskyi and V. A. Kovdra ideas with emphasize on undercover steppe vegetation conditions and solid rocks conditions. Specific of soil formation biochemistry in Zmiiny island conditions is analyzed.

Key words: Zmiiny island, biochemistry, weathering, soil formation, migration of substances and chemical elements